

**ANALISIS KESTABILAN TEGANGAN SISTEM TENAGA  
MENGUNAKAN METODE *CONTINUOUS POWER FLOW* DAN *TIME  
DOMAIN ANALYSIS***



**TUGAS AKHIR**

Diajukan Sebagai Syarat untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
Program Strata-1

**Disusun Oleh:**

**NUGRAHA SYARIF**

**13 2015 110.P**

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH PALEMBANG**

**2019**

**SKRIPSI**  
**ANALISIS KESTABILAN TEGANGAN SISTEM TENAGA**  
**MENGGUNAKAN METODE *CONTINUOUS POWER FLOW* DAN *TIME***  
***DOMAIN ANALYSIS***



Dipersiapkan dan Disusun Oleh:

NUGRAHA SYARIF HIDAYAT

NIM: 132015110.P

Merupakan syarat untuk memperoleh gelar sarjana  
Telah dipertahankan di depan dewan penguji  
Pada 22 Agustus 2019

**Susunan Dewan Penguji**

Pembimbing 1

Wiwin A. Oktaviani, S.T., M.Sc.  
NIDN: 0021073001

Penguji 1

Ir. Dedy Hermanto, M.T.  
NIDN: 0201116001

Pembimbing 2

Taufik Barlian, S.T., M.Eng.  
NIDN: 0218017202

Penguji 2

Ir. Eliza, M.T.  
NIDN: 0209026201

Menyetujui,  
Dekan Fakultas Teknik

Dr. Ir. Kgs. Ahmad Roni, M.T.  
NIDN: 0227077004

Mengetahui,  
Ketua Program Studi Teknik Elektro

Taufik Barlian, S.T., M.Eng.  
NIDN: 0218017202

## SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME

Saya yang bertanda tangan di bawah ini dengan sebenarnya menyatakan bahwa tugas akhir/skripsi ini saya susun tanpa tindakan plagiarisme sesuai dengan peraturan yang berlaku di Universitas Muhammadiyah Palembang.

Jika di kemudian hari ternyata saya melakukan tindakan plagiarisme, saya akan bertanggung jawab sepenuhnya dan menerima sanksi yang dijatuhkan oleh Universitas Muhammadiyah Palembang

Palembang, Agustus 2019



Nugraha Syarif Hidayat

## ABSTRAK

Ketidakstabilan tegangan telah banyak diperhatikan oleh para peneliti dan perencana sistem tenaga dalam beberapa tahun terakhir, dan dianggap sebagai salah satu sumber utama ketidakamanan sistem tenaga. Fenomena ketidakstabilan tegangan adalah fenomena di mana tegangan pada sisi penerima menurun jauh di bawah nilai normal dan tidak kembali bahkan setelah menetapkan mekanisme pemulihan tegangan, atau terus berosilasi karena kurangnya redaman terhadap gangguan. Pada penelitian ini, akan dilakukan analisis kestabilan tegangan pada sistem tenaga dalam beberapa tahapan yakni dengan melakukan analisis aliran daya, analisis kestabilan tegangan statis menggunakan metode *continuous power flow*, dan analisis kestabilan tegangan dinamis dari sistem menggunakan *time domain analysis*. Sistem tenaga yang diuji pada penelitian ini adalah sistem IEEE 6 bus dari Wood & Wollenberg dengan perangkat lunak yang digunakan untuk simulasi adalah PSAT. Dari hasil penelitian maka didapatkan kesimpulan bahwa sistem yang diuji memiliki kestabilan tegangan yang baik, baik terhadap gangguan kecil berupa peningkatan beban, maupun gangguan besar pada saluran dan bus dengan jatuh tegangan tidak lebih dari 10% untuk setiap analisis kestabilan tegangan.

**Kata Kunci:** Ketidakstabilan Tegangan, Analisis Aliran Daya, Analisis Kestabilan Tegangan Statis, Analisis Kestabilan Tegangan Dinamis, *Continuous Power Flow*, *Time Domain Analysis*, IEEE 6 Bus Wood & Wollenberg, PSAT, Jatuh Tegangan

## ABSTRACT

*Voltage instability has been widely noticed by researchers and power systems planners in recent years, and is considered one of the main sources of insecurity in power systems. The phenomenon of voltage instability is the phenomenon in which the voltage on the receiver's side is dropping far below the normal value and does not return even after establishing a voltage recovery mechanism, or continue to oscillate due to lack of attenuation. In this study, there will be a voltage stability stability analysis on the power system in several phases by conducting a power flow analysis, static voltage stability analysis using continuous power flow method, and dynamic voltage stability analysis using the time domain analysis. The power system tested on this research is the IEEE 6 bus system from Wood & Wollenberg with the software used for the simulation is PSAT. From the results, there is a conclusion that the tested system has good voltage stability, whether it is from a small interference in the form of increase load, as well as from major interference in the transmission line and bus with a voltage drop of not more than 10% for each voltage stability analysis.*

**Keywords:** *Voltage Instability, Power Flow Analysis, Static Voltage Stability Analysis, Dynamic Voltage Stability Analysis, Continuous Power Flow, Time Domain Analysis, IEEE 6 Bus Wood & Wollenberg, PSAT, Voltage Drop*

## KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, karena atas rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini yang berjudul **Analisis Kestabilan Tegangan Sistem Tenaga Menggunakan Metode *Continuous Power Flow* dan *Time Domain Analysis***. Tugas akhir ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana pada Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Palembang.

Pada kesempatan ini penulis secara khusus mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Ibu Wiwin A. Oktaviani, S.T., M.Sc., selaku Pembimbing I
  2. Bapak Taufik Barlian, S.T., M.Eng., selaku Pembimbing II
- yang telah bersusah payah dan meluangkan banyak waktunya dalam mengoreksi, serta memberikan saran-saran yang sangat berharga kepada penulis selama penyelesaian tugas akhir ini.

Disamping itu penulis menyampaikan rasa terima kasih atas kesempatan dan bantuan yang telah diberikan dalam penyelesaian tugas akhir ini, terutama kepada:

1. Bapak Dr. Abid Djazuli, S.E., M.M, Rektor Universitas Muhammadiyah Palembang
2. Bapak Dr. Ir. Kgs. Ahmad Roni, M.T, Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Palembang
3. Bapak Taufik Barlian, S.T., M. Eng., Ketua Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Palembang
4. Bapak dan Ibu Dosen Pengajar pada Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Palembang
5. Bapak dan Ibu Staf Tata Usaha Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Palembang
6. Bapakku (Sukandar) dan Ibuku (Siti Latifah) tercinta, terima kasih banyak yang tak terhingga atas do'a, semangat, kasih sayang, pengorbanan, nasihat dan ketulusannya dalam mendidik dan mendampingi penulis. Semoga Allah SWT selalu melimpahkan rahmat dan ridho-Nya.

7. Saudara/i ku Ginanjar Fahdaruddin, S.H., Nurhuda Aulia, S.Fam., dan Muhammad Faturrahman, terima kasih banyak telah memberikan doa dan semangatnya.
8. Kepada Nur Annisaa' Ilham Akbar yang telah menemani dan memberikan semangat serta motivasi dalam pengerjaan penulisan tugas akhir ini.
9. Rekan – rekan mahasiswa Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Palembang.
10. Semua pihak yang penulis tidak dapat sebutkan satu persatu yang membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.

Penulis menyadari masih terdapat banyak kekurangan dalam penyusunan tugas akhir ini. Oleh karena itu, kritik dan saran dari para pembaca sangat penulis harapkan.

Semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi institusi pendidikan dan masyarakat luas.

Palembang, Agustus 2019  
Penulis,

Nugraha Syarif Hidayat

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME.....	iii
ABSTRAK.....	iv
ABSTRACT.....	v
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	x
DAFTAR TABEL.....	xii
BAB 1    PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	2
1.3. Tujuan & Manfaat Penelitian.....	2
1.4. Batasan Masalah.....	3
1.5. Sistematika Penulisan.....	3
BAB 2    TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1. Sistem Interkoneksi.....	5
2.2. Analisis Aliran Daya ( <i>Power Flow Analysis</i> ).....	6
2.2.1. Persamaan Analisis Aliran Daya.....	8
2.2.2. Metode Newton-Raphson.....	10
2.3. Stabilitas Sistem Tenaga.....	11
2.4. Kestabilan Tegangan.....	14
2.5. Analisis Kestabilan Tegangan.....	18
2.5.1. Analisis Kestabilan Tegangan Statis.....	18



2.5.2.	Analisis Kestabilan Tegangan Dinamis .....	21
2.6.	<i>Continuous Power Flow</i> (CPF) .....	22
2.6.1.	Reformulasi Matematis .....	23
2.7.	Solusi Kestabilan Tegangan .....	23
2.8.	PSAT ( <i>Power System Analysis Toolbox</i> ) pada MATLAB .....	25
BAB 3	METODE PENELITIAN .....	26
3.1.	Lokasi dan Waktu Penelitian.....	26
3.2.	Teknik Pengumpulan Data .....	26
3.3.	Alat dan Instrumen Penelitian .....	26
3.4.	Prosedur dan Diagram Alir Penelitian.....	27
3.5.	Rencana Simulasi .....	29
3.5.1.	Simulasi Aliran Daya dan Analisis Kestabilan Tegangan Statis ....	29
3.5.2.	Simulasi Analisis Kestabilan Tegangan Dinamis .....	29
BAB 4	HASIL DAN PEMBAHASAN .....	31
4.1.	Data Penelitian .....	31
4.1.1.	Detail Sistem .....	31
4.2.	Hasil Simulasi.....	33
4.2.1.	Hasil Simulasi Aliran Daya.....	33
4.2.2.	Hasil Simulasi Analisis Kestabilan Tegangan Statis .....	35
4.2.3.	Hasil Simulasi Kestabilan Tegangan Dinamis.....	36
BAB 5	KESIMPULAN DAN SARAN .....	47
5.1.	Kesimpulan.....	47
5.2.	Saran .....	48
DAFTAR PUSTAKA	.....	49

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Sistem Interkoneksi Jaringan Gambar.....	5
Gambar 2.2. Bentuk Bus Secara Umum .....	10
Gambar 2.3. Klasifikasi Kestabilan Sistem Tenaga Listrik .....	13
Gambar 2.4. Klasifikasi Kestabilan Tegangan.....	17
Gambar 2.5. Kurva P-V .....	18
Gambar 2.6. Kurva P-V untuk Beban dengan Faktor Daya yang Berbeda.....	19
Gambar 2.7. Kurva Q-V .....	20
Gambar 2.8. Ilustrasi dari Langkah Prediktor-Korektor .....	22
Gambar 3.1. Diagram Alir Penelitian .....	28
Gambar 4.1. <i>Single Line Diagram</i> dari Sistem Tenaga IEEE 6 Bus.....	32
Gambar 4.2. Kurva P-V untuk Setiap Bus Beban.....	35
Gambar 4.3. Kestabilan Tegangan Saat Gangguan pada Saluran 5 .....	38
Gambar 4.4. Kestabilan Tegangan Saat Gangguan pada Saluran 9 .....	38
Gambar 4.5. Kestabilan Tegangan Dinamis pada Bus 1-3 untuk Gangguan Pada Bus 4 dengan <i>fault clearing time</i> 0.2 detik .....	40
Gambar 4.6. Kestabilan Tegangan Dinamis pada Bus 4-6 untuk Gangguan Pada Bus 4 dengan <i>fault clearing time</i> 0.2 detik .....	40
Gambar 4.7. Kestabilan Tegangan Dinamis pada Bus 1-3 untuk Gangguan Pada Bus 5 dengan <i>fault clearing time</i> 0.2 detik .....	41
Gambar 4.8. Kestabilan Tegangan Dinamis pada Bus 4-6 untuk Gangguan Pada Bus 5 dengan <i>fault clearing time</i> 0.2 detik .....	42
Gambar 4.9. Kestabilan Tegangan Dinamis pada Bus 1-3 untuk Gangguan Pada Bus 6 dengan <i>fault clearing time</i> 0.2 detik .....	43
Gambar 4.10. Kestabilan Tegangan Dinamis pada Bus 4-6 untuk Gangguan Pada Bus 6 dengan <i>fault clearing time</i> 0.2 detik .....	43
Gambar 4.11. Kestabilan Tegangan Dinamis pada Bus 1-3 untuk Gangguan Pada Bus 4 dengan <i>fault clearing time</i> 0.4 detik .....	44
Gambar 4.12. Kestabilan Tegangan Dinamis pada Bus 4-6 untuk Gangguan Pada Bus 4 dengan <i>fault clearing time</i> 0.4 detik .....	45

Gambar 4.13. Perilaku Tegangan pada Bus 1-3 untuk Gangguan Pada Bus 6 dengan <i>fault clearing time</i> 0.4 detik.....	46
Gambar 4.14. Perilaku Tegangan pada Bus 3-4 untuk Gangguan Pada Bus 6 dengan <i>fault clearing time</i> 0.4 detik.....	46

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Besaran yang diketahui dan dihitung pada tiap bus .....	7
Tabel 4.1. Data Bus dari Sistem Tenaga IEEE 6 Bus .....	31
Tabel 4.2. Data Generator dari Sistem Tenaga IEEE 6 Bus .....	31
Tabel 4.3. Data Harga Pembangkitan dari Sistem Tenaga IEEE 6 Bus.....	31
Tabel 4.4. Data Saluran dari Sistem Tenaga IEEE 6 Bus .....	32
Tabel 4.5. Hasil Simulasi Aliran Daya Sistem Tenaga IEEE 6 Bus .....	33
Tabel 4.6. Aliran Daya untuk Tiap Saluran .....	34
Tabel 4.7. Aliran Daya dari Bus Pembangkit Menuju Bus Beban.....	34
Tabel 4.8. Nilai Tegangan pada Masing – masing Beban Setelah Pemutusan Saluran.....	37
Tabel 4.9. Nilai Tegangan Masing – Masing Bus untuk Gangguan pada Bus 4 dengan <i>fault clearing time</i> 0.2 Detik.....	39
Tabel 4.10. Nilai Tegangan Masing – Masing Bus untuk Gangguan pada Bus 5 dengan <i>fault clearing time</i> 0.2 Detik.....	41
Tabel 4.11. Nilai Tegangan Masing – Masing Bus untuk Gangguan pada Bus 6 dengan <i>fault clearing time</i> 0.2 Detik.....	42
Tabel 4.12. Nilai Tegangan Masing – Masing Bus untuk Gangguan pada Bus 4 dengan <i>fault clearing time</i> 0.4 Detik.....	44

# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Perkembangan teknologi pada era globalisasi dan digitalisasi saat ini membuat sumber energi listrik menjadi suatu kebutuhan utama. Kebutuhan akan energi listrik selalu bertambah dari waktu ke waktu sehingga untuk tetap dapat melayani kebutuhan energi listrik, maka pembangkitan energi listrik haruslah dikembangkan seiring dengan kenaikan kebutuhannya.

Dalam sistem tenaga listrik skala besar, sistem interkoneksi memiliki tujuan untuk menjaga kontinuitas dan ketersediaan pasokan energi listrik kepada konsumen. Pada setiap saat, kondisi operasi dari sebuah sistem tenaga listrik harus stabil dengan memenuhi berbagai kriteria operasi dan harus aman jika terjadi kemungkinan situasi di luar jangkauan. Sistem tenaga yang ada saat ini sering kali dioperasikan dekat dengan batas stabilitas mereka dikarenakan kendala ekonomi dan lingkungan. Mempertahankan operasi sistem tenaga yang stabil dan aman merupakan hal yang sangat penting dan menantang.

Ketidakstabilan tegangan telah banyak diperhatikan oleh para peneliti dan perencana sistem tenaga dalam beberapa tahun terakhir, dan dianggap sebagai salah satu sumber utama ketidakamanan sistem tenaga. Fenomena ketidakstabilan tegangan adalah fenomena di mana tegangan pada sisi penerima menurun jauh di bawah nilai normal dan tidak kembali bahkan setelah menetapkan mekanisme pemulihan tegangan (seperti kompensator VAR), atau terus beresilasi karena kurangnya redaman terhadap gangguan. Runtuh tegangan atau *voltage collapse* adalah proses di mana tegangan jatuh ke nilai yang sangat rendah dan tidak dapat diterima sebagai akibat dari untaian peristiwa yang menyertai ketidakstabilan tegangan (Taylor, 1994). Saat dikaitkan dengan sistem yang lemah dan saluran yang panjang, permasalahan tegangan ini juga menjadi sumber persoalan di jaringan yang sudah maju sebagai akibat dari pembebanan yang besar.

Untuk mendapatkan gambaran tentang kestabilan tegangan dalam suatu sistem tenaga, maka terdapat beberapa tahapan analisis yang dilakukan, seperti analisis aliran daya pada sistem, analisis kestabilan tegangan statis, dan analisis

kestabilan tegangan dinamis. Pengantar singkat tentang konsep dasar stabilitas tegangan dan beberapa metode dasar analisis stabilitas tegangan disajikan dalam studi tugas akhir ini. Hasil simulasi pada sistem daya yang diuji disajikan untuk menggambarkan masalah stabilitas tegangan dan metode dasar untuk menganalisis masalah tersebut.

## **1.2. Rumusan Masalah**

Ketidakstabilan tegangan terkait dengan ketidakmampuan sistem pembangkit dan transmisi untuk menyediakan daya yang diminta oleh beban, sebagai akibat dari pemadaman peralatan dan keterbatasan catu daya reaktif (Van Custem & Vournas, 1998). Ketidakstabilan tegangan dapat dipicu oleh putus/padam nya transmisi dan/atau pembangkit, atau karena terjadinya peningkatan beban yang tajam. Meskipun kebanyakan insiden yang terjadi disebabkan oleh terputusnya aliran transmisi dan/atau pembangkit, sebagian besar dari literatur yang ada berkonsentrasi kepada skenario peningkatan beban secara perlahan. Penelitian pada Tugas Akhir ini berfokus pada analisis tingkat kestabilan tegangan dalam suatu sistem tenaga yang diuji.

Dari penjelasan di atas, maka dapat dirumuskan permasalahan yang ingin dibahas sebagai berikut:

1. Bagaimana aliran daya dari sistem yang diuji dan bagaimana jatuh tegangan pada masing – masing bus?
2. Bagaimana cara melakukan analisis kestabilan tegangan statis dari sistem dengan melakukan pengamatan terhadap bentuk kurva PV pada masing – masing bus?
3. Bagaimana cara melakukan analisis kestabilan tegangan dinamis dari sistem uji dengan penerapan beberapa skenario gangguan?

## **1.3. Tujuan & Manfaat Penelitian**

Tujuan yang ingin dicapai dari Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Melakukan analisis aliran daya dari sistem kelistrikan yang diuji.
2. Melakukan analisis kestabilan tegangan statis dari sistem kelistrikan yang diuji dan mengidentifikasi bus yang memiliki kestabilan tegangan paling rendah.

3. Melakukan analisis kestabilan tegangan dinamis dari sistem kelistrikan yang diuji dengan penerapan beberapa skenario gangguan pada sistem.

Manfaat yang diharapkan dari Tugas Akhir ini adalah:

1. Mengetahui cara atau metode dalam melihat kestabilan tegangan dari suatu sistem tenaga.
2. Memberikan informasi tentang pentingnya mendeteksi ketidakstabilan tegangan sehingga solusi yang sesuai dapat diterapkan pada sistem tenaga.

#### **1.4. Batasan Masalah**

Studi tentang “Analisis Kestabilan Tegangan Sistem Tenaga Menggunakan Metode *Continuous Power Flow* dan *Time Domain Analysis*” ini memiliki batasan masalah antara lain:

1. Simulasi dilakukan dengan menggunakan *software* PSAT (*Power System Analysis Toolbox*) pada MATLAB.
2. Analisis pada penelitian ini tidak mempertimbangkan permasalahan tentang aliran daya optimal dari sistem tenaga yang diuji.
3. Pada penelitian ini tidak dilakukan analisis kestabilan transien pada sistem untuk menentukan waktu pemutus kritis dari sistem.
4. Sistem kelistrikan yang dianalisis adalah sistem kelistrikan IEEE 6-bus dari Wood & Wollenberg.

#### **1.5. Sistematika Penulisan**

Penulisan tugas akhir ini terdiri dari 5 (lima) Bab dengan sistematika penulisan sebagai berikut:

##### **BAB 1 PENDAHULUAN**

Bab ini membahas mengenai latar belakang, tujuan penelitian, permasalahan, batasan masalah, metode penelitian, dan sistematika penulisan.

##### **BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA**

Pada bab ini, berisi teori penunjang dan literatur yang terkait dengan permasalahan yang diteliti pada tugas akhir ini. Teori tersebut meliputi pembahasan mengenai sistem interkoneksi, analisis aliran daya, kestabilan sistem tenaga dan kestabilan tegangan, analisis kestabilan tegangan, serta penggunaan perangkat lunak yang digunakan dalam penelitian.

### **BAB 3 METODE PENELITIAN**

Bab ini membahas tentang tahapan penelitian, jenis penelitian, perancangan sistem, sumber data, instrumen penelitian, dan langkah (*roadmap*) penelitian. Penjelasan masing – masing poin bertujuan untuk menjelaskan konsep dan teknik dalam perencanaan kegiatan penelitian yang akan dilakukan secara mendetail.

### **BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN**

Bab ini menampilkan hasil penelitian yang didapatkan melalui simulasi yang dilakukan mengenai analisis kestabilan tegangan pada sistem tenaga. Dilakukan juga pembahasan hasil dari studi berdasarkan literatur yang ada.

### **BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN**

Bab ini berisi tentang ringkasan hasil penelitian yang merupakan jawaban dari rumusan masalah pada Bab 1 dan saran – saran untuk pengembangan penelitian selanjutnya.



## DAFTAR PUSTAKA

- Aditya, T., & Rahmawati, S. (2017). Analisis Kestabilan Tegangan Sistem SULBAGSEL dengan Rencana Terintegrasinya Switchyard 150 kV di Kabupaten Wajo.
- Ajjarapu, V. (2006). *Computational Techniques for Voltage Stability Assessment and Control*. Iowa: Springer.
- Alfira, W. S. (2018). Skema Under Voltage Load Shedding dengan Mempertimbangkan Integrasi PLTB Pada Sistem Kelistrikan Sulbagsel.
- Arifai, M., & Hadi Satria, M. (2017). Analisis Kestabilan Frekuensi dan Tegangan Sistem Tenaga Listrik PT. Aneka Tambang (PERSERO) TBK UBPN Sulawesi Tenggara.
- Glavic, M., & Van Custem, T. (2011). A Short Survey of Methods for Voltage Instability Detection.
- Grainger, J. J., & Stevenson, Jr., W. D. (1994). *Power System Analysis*. McGraw-Hill.
- Grigsby, L. L. (2012). *Power System Stability and Control* (3 ed.). New York: CRC Press.
- Karlsson, D. (2001). System Protection Schemes in Power Networks.
- Keskin, M. B. (2007). Continuation Power Flow and Voltage Stability in Power Systems.
- Kumar, B. K. (2014). *Power System Stability and Control*. Chennai, India: Indian Institute of Technology.
- Kundur, P. (1994). *Power System Stability and Control*. New York: McGraw-Hill.
- Kundur, P., Paserba, J., & Van Custem, T. (2004). Definition and Classification of Power System Stability IEEE/CIGRE Joint Task Force on Stability Terms and Definitions. *IEEE Transactions on Power System*, 3, 1387-1401.
- Milano, F. (2004, November). An Open Source Power System Analysis Toolbox. *IEEE Transactions on Power System*.
- Nur Putra, A., & Yuana Dewi, A. (2013). Studi Analisa Kestabilan Tegangan Sistem 150 kV Berdasarkan Perubahan Tegangan (Aplikasi PT. PLN Batam). *Jurnal Teknik Elektro ITP*.

- Otomega, B., Glavic, M., & Van Cusem, T. (2014). A Two-Level Emergency Control Scheme Against Power System Voltage Instability.
- Saadat, H. (1999). *Power System Analysis*. McGraw-Hill.
- Smon, I., Verbic, G., & Gubina, F. (2006). Local Voltage Stability Index Using Tellegen's Theorem. *IEEE Trans. on Power Systems Vol. 21 No. 3*, 1267-1275.
- Sulaiman, M. (2015). Aliran Daya Optimal Mempertimbangkan Kestabilan Tegangan dan Penggunaan Static VAR Compensator Menggunakan Metode Sequential Quadratic Programming.
- Suwanto, D. (2009). *Sistem Distribusi Tenaga Listrik*. Padang: Universitas Negeri Padang.
- Taylor, C. W. (1994). *Power System Voltage Stability*. McGraw Hill.
- Van Cusem, T., & Vournas, C. (1998). *Voltage Stability of Electric Power Systems*. Springer.
- Vanfretti, L. (2006). Introduction to PSAT: A Toolbox for Education and Research in Electric Power Engineering. *Ransselaer Polytechnique Institute*.
- Wood, A. J., & Wollenberg, B. F. (1996). *Power Generation, Operation, and Control* (2nd ed.). New York: John Willey & Sons.